



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 649 633 A5

51 Int. Cl.: G 01 S 17/08

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 10338/79

22 Anmeldungsdatum: 20.11.1979

24 Patent erteilt: 31.05.1985

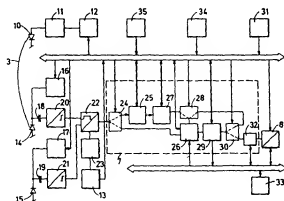
45 Patentschrift
veröffentlicht: 31.05.1985

73 Inhaber:
Kern & Co. AG Werke für Präzisionsmechanik,
Optik und Elektronik, Aarau

72 Erfinder:
Aeschlimann, Heinz, Dr., Aarau
Balmer, Beat, Dr., Unterkulm
Nünlist, René, Aarau

54 Elektrooptisches Distanzmeßgerät.

57 Für ein elektrooptisches Distanzmeßgerät, bei dem Zeitdifferenzen zwischen ausgesendeten und reflektierten Lichtsignalen gemessen werden, werden elektronische Schaltungen (7, 24 - 35) angegeben, durch die solche Zeitdifferenz-Messwerte von der Auswertung zur Distanzbildung ausgeschlossen werden, die mit grosser Wahrscheinlichkeit durch Reflexionsstörungen entstanden sind und keine Information über die Messdistanz enthalten. Ein hierzu verwendetes Auswahl-Fenster ist durch einen bestimmten Relativfehler des Distanzmesswertes gegeben.



PATENTANSPRÜCHE

1. Elektrooptisches Distanzmessgerät, bei dem Lichtsignale einen Messstrahlengang bis zu einem entfernten Ziel und nach Reflektion zurück zum Gerät, sowie einen internen Referenzweg durchlaufen und bei dem durch eine erste digitale Schaltung die der Distanz zum Ziel entsprechende Zeitdifferenz zwischen Messsignal und Referenzsignal gebildet wird, wobei zur Erhöhung der Messgenauigkeit eine Anzahl von Zeitdifferenzen zur Distanzbildung ausgewertet wird, gekennzeichnet durch eine zweite digitale Schaltung (7, 8, 24-35), die aus einer ersten Anzahl von Zeitdifferenzmesswerten ein wahrscheinsches Messresultat bildet, unter Verwendung dieses Messresultates einen zulässigen Messfehler ermittelt und die Verwendung weiterer Zeitdifferenzmesswerte zur Distanzbildung nur freigibt, wenn die aus ihnen resultierenden Messwerte den durch das wahrscheinsche Messresultat und den zulässigen Messfehler bestimmten Bereich nicht über- oder unterschreiten.

2. Distanzmessgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zweite digitale Schaltung (29) unter Verwendung des aus den Zeitdifferenzmesswerten gebildeten Messresultates einen zweiten zulässigen Messfehler und einen dementsprechenden zweiten zulässigen Fehlerbereich für die Freigabe weiterer Zeitdifferenzmesswerte zur Bildung eines weiteren Messresultates ermittelt.

3. Distanzmessgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite zulässige Fehlerbereich entsprechend der Anzahl von Messwerten, die zur Bildung des Messresultates, aus dem er ermittelt ist, beitragen, verkleinert ist.

4. Distanzmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der den Bereich bestimmende zulässige Messfehler als Relativfehler des Messresultates bestimmt ist, aus dem er ermittelt wurde.

5. Distanzmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der den Bereich bestimmende zulässige Messfehler für einen bestimmten Wertebereich des Messresultates, aus dem er ermittelt wurde, eine feste, vom Messresultat unabhängige Grösse hat.

6. Distanzmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Messresultat aus den Messwerten durch arithmetische Mittelung entsteht.

7. Distanzmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Distanzwert aus dem Messresultat durch Multiplikation mit einem Faktor entsteht, dessen Wert durch die gewählte Längeneinheit für den Distanzwert und die meteorologischen Bedingungen der Luft auf der Messdistanz bestimmt ist und dass die zweite digitale Schaltung (8) den so entstandenen Distanzwert anzeigt.

8. Distanzmessgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit Übertragung impulsförmiger Lichtsignale, gekennzeichnet durch eine gemeinsame Empfängerschaltung (14, 16, 18, 20, 43) für die Referenzimpulse und die Messimpulse und durch eine optische Verzögerungsleitung (43) für die Messimpulse.

Die Erfindung betrifft ein elektrooptisches Distanzmessgerät, bei dem Lichtsignale einen Messstrahlengang bis zu einem entfernten Ziel und nach Reflektion zurück zum Gerät, sowie einen internen Referenzweg durchlaufen und bei dem durch eine erste digitale Schaltung die der Distanz zum Ziel entsprechende Zeitdifferenz zwischen Messsignal und Referenzsignal gebildet wird, wobei zur Erhöhung der Messgenauigkeit eine Anzahl von Zeitdifferenzen zur Distanzbildung ausgewertet wird.

Derartige Distanzmessgeräte sind bekannt, beispielsweise aus CH-PS 551 628 und aus Allg. Vermessungsnachrichten,

80. Jahrgang, Heft 6/1973, S. 201-207. In diesem Fall sind die Lichtsignale durch eine kontinuierliche, mit 15 MHz amplitudenmodulierte Infrarot-Lichtwelle gegeben, und als Zeitdifferenz wird die Phasendifferenz zwischen gesendeter und empfangener Modulation bestimmt. Dazu werden elektronische Schaltungen zur Frequenzkonversion und zur digitalen Phasenmessung verwendet. Zur Erhöhung der Messgenauigkeit wird hier einfach eine grosse Anzahl (z.B. 300 000) aufeinanderfolgender Modulationsperioden ausgerechnet und das Messergebnis durch arithmetische Mittelung berechnet.

Da derartige Geräte ausschliesslich mit Reflektoren am Ziel arbeiten, können Fehlmessungen infolge Reflexionsstörungen oder Fehlzündungen durch eine einfache Unterbrechungsautomatik vermieden werden, welche die Signalauswertung bei zu geringem Pegel des Reflexionssignals sperrt.

Bei ebenfalls bekannten Laser-Entfernungsmessern mit Lasergenerator zur Aussendung von impulsförmigen Lichtsignalen (vg. DE-OS 28 40 605) auf das Ziel können Zielflektoren entbehrlich sein, wobei aber die Empfindlichkeit für Fehlmessungen infolge Reflexionsstörungen, Fehlzündungen, Mehrfachechos usw. grösser ist als bei Systemen der ersten genannten Art. Zur Verminderung dieser Empfindlichkeit sind Lichtempfänger mit steuerbaren Ausblendeblenden bekannt, die den Empfang nur während eines Zeitfensters freigeben, welches einem beschränkten Entfernungsmessbereich entspricht. Allerdings dienen derartige Mittel weniger der Erhöhung der Messgenauigkeit, als dem Schutz des Lichtempfängers vor Schäden infolge zu starker Belichtung.

Zur Erhöhung der Messgenauigkeit bei einem elektrooptischen Entfernungsmessgerät mit Auswertung einer Anzahl aufeinanderfolgender Phasendifferenzwerte ist andererseits durch die DE-AS 2 420 194 eine digitale Schaltung bekannt, die die statistische Varianz der Phasendifferenzwerte ermittelt, diese mit einem internen Prüfwert vergleicht und eine Anzeige des Messergebnisses nur freigibt, wenn die Varianz den Prüfwert nicht überschreitet. Bei einem derartigen Auswertungssystem tragen sämtliche Einzelmesswerte zur Varianzbildung bei, also auch solche, die infolge von Reflexionsstörungen gar keine Aussage über die Messdistanz zulassen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein elektrooptisches Distanzmessgerät anzugeben, bei dem nach den jeweiligen Messbedingungen angepassten Kriterien automatisch nur solche Einzelmesswerte zur Distanzbildung ausgewertet werden, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht durch Reflexionsstörungen verfälscht sind.

Diese Aufgabe wird bei einem Distanzmessgerät der eingangs genannten Art gelöst durch eine zweite digitale Schaltung, die aus einer ersten Anzahl von Zeitdifferenzmesswerten ein wahrscheinsches Messresultat bildet, unter Verwendung dieses Messresultates einen zulässigen Messfehler ermittelt und die Verwendung weiterer Zeitdifferenzmesswerte zur Distanzbildung nur freigibt, wenn die aus ihnen resultierenden Messwerte den durch das wahrscheinsche Messresultat und den zulässigen Messfehler bestimmten Bereich nicht über- oder unterschreiten.

Dabei ist es zweckmässig, dass die zweite digitale Schaltung unter Verwendung des aus den Zeitdifferenzmesswerten gebildeten Messresultates einen zweiten zulässigen Messfehler und einen dementsprechenden zweiten zulässigen Fehlerbereich für die Freigabe weiterer Zeitdifferenzmesswerte zur Bildung eines weiteren Messresultates ermittelt. Vorzugsweise arbeitet diese Schaltung so, dass der zweite zulässige Fehlerbereich entsprechend der Anzahl von Messwerten, die zur Bildung des Messresultates, aus dem er ermittelt ist, beitragen, verkleinert ist.

Mit Vorteil ist der den Bereich bestimmende zulässige Messfehler als Relativfehler des Messresultates bestimmt, aus

dem er ermittelt wurde. Auch kann es zweckmässig sein, dass der Bereich bestimmende zulässige Messfehler für einen bestimmten Wertbereich des Messresultates, aus dem er ermittelt wurde, eine feste, vom Messresultat unabhängige Grösse hat.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in den Zeichnungen schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein allgemeines Blockschema eines erfindungsgemässen elektrooptischen Distanzmessgerätes,

Fig. 2 ein detailliertes Blockschema eines Gerätes gemäss Fig. 1,

Fig. 3a bis 3d ein Flussdiagramm für das Arbeitsverfahren eines erfindungsgemässen Distanzmessgerätes und

Fig. 4 das Schema eines Distanzmessgerätes mit nur einem elektrischen Empfängerkanal und einem optischen Signalverzögerer.

Im in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel umfasst eine Sender-Empfängereinheit 1 Mittel zur gleichzeitigen Aussendung von Folgen von Lichtimpulsen oder Lichtblitzen über die Messdistanz (Pfeil 2) und einen Kurzweg 3, sowie Mittel zum Empfang und zur lichtelektrischen Wandlung dieser Lichtblitze in elektrische Impulse.

Die über den Kurzweg 3 gelaufenen Impulse 4 und die über die Messdistanz gelaufenen Impulse 5 weisen eine doppelte Messdistanz proportionale Zeitverschiebung auf und gelangen über Verbindungsleitungen in einen Zeitintervall-Zähler 6, der ein der Zeitverschiebung entsprechendes digitales Messsignal erzeugt.

Soweit beschriebene Schaltungen für Pulsdistanzmesser sind bekannt. Eine mit dem Sender-Empfänger 1 und dem Zeitintervall-Zähler 6 verbundene digitale Schaltung 7 dient nun erfindungsgemäss dazu, eine erste Folge von Lichtimpulsen auszulösen, aus einer dieser Folge entsprechenden Anzahl digitaler Zeitdifferenz-Messsignale ein erstes wahrscheinliches Messresultat und daraus für weitere Messsignale zulässige Grenzwerte eines sogenannten Fehlerfensters zu berechnen. Wie nachfolgend näher beschrieben, schliesst die Schaltung 7 Zeitdifferenz-Messsignale aus weiteren ausgelösten Folgen von Lichtimpulsen von der Aussendung zur Distanzabingung aus, wenn deren Wert ausserhalb des bereits bestimmten Fehlerfensters liegt. Die Distanzabingung erfolgt aus den zugelassenen Zeitdifferenz-Messwerten in an sich bekannter Art durch Mittelwertbildung und Multiplikation mit einem durch die meteorologischen Bedingungen der Luft bestimmten Korrekturfaktor. Das Messresultat wird dann von der Schaltung 7 auf eine Anzeigeschaltung 8 ausgegeben und von dieser angezeigt.

Gemäss dem Blockschema von Fig. 2 umfasst die Sender-Empfängereinheit 1 einen Diodenlaser 10 als Sender für die Lichtimpulse. Dieser Laser wird betrieben über einen Pulsverstärker 11 mit elektrischen Signalpulsen, die in einem Trigger 12 entstehen und eine Halbwertsbreite von 5 nsec und eine Puls wiederholfrequenz von 10 kHz haben. Der Trigger 12 wird angesteuert von einer Signaleinheit 13 mit 10 MHz Standardfrequenz, aus der durch Frequenzteilung mit dem Faktor 10^{-4} die Pulsfrequenz 10 kHz entsteht. Eine Sendee- und Empfangsoptik üblicher Art zur Übertragung der Lichtimpulse des Lasers 10 ist nicht mit dargestellt. Die Lichtimpulse gelangen nach Teilung am Sender 10 über den Kurzweg 3 (z.B. einen Lichtleiter) auf eine erste Avalanche-Photodiode 14 und über die Messstrecke auf eine zweite Avalanche-Photodiode 15, die als Referenz- bzw. Messempfänger dienen. Die Vorspannung wird den Dioden 14, 15 über schaltbare Netzteile 16 bzw. 17 zugeführt.

Die elektrischen Empfängerimpulse gelangen von den Empfängerdiolen 14, 15 über Koppelkapazitäten 18 bzw. 19 auf Signalaufbereitungsschaltungen 20 bzw. 21, die Filter,

Verstärker und Schmitt-Trigger als Zeitmarkengeneratoren umfassen. Schaltung 20 erzeugt die Startimpulse 4 und Schaltung 21 die Stoppimpulse 5 gemäss Fig. 1. Der Zeitintervall-Zähler 6 für diese Impulse umfasst einen Zeitintervallschalter mit Digitalkonverter 22, der vom Standard-Frequenzgenerator 13 über einen Zeittaktgeber 23 angesteuert wird.

Die digitale Schaltung 7 zur Auswertung der digitalen Zeitmesssignale vom Digitalkonverter 22 umfasst eine gesteuerte Signalweiche 24, über die die Signale auf eine von zwei Auswahlschaltungen 25, 26 gelangen, deren Funktion unten näher beschrieben wird. Durch eine Rechenschaltung 27 werden aus den ausgewählten Zeitmesssignalen ein wahrscheinliches Messresultat sowie die zulässigen Grenzwerte für weitere Zeitmesssignale bestimmt und gespeichert. Diese

Grenzwerte dienen in der Schaltung 26 zur Auswahl aus den von der Signalweiche 24 her übertragenen Signalen und können von der Schaltung 26 über eine zweite Datenweiche 28 abgerufen werden. In einer zweiten Rechenschaltung 29 wird aus den von Schaltung 26 ausgewählten Signalen durch Mittelbildung ein Distanzwert berechnet. Bei entsprechender Programmierung der Schaltung 29 können zu dem errechneten Distanzwert noch neue zulässige Grenzwerte für weitere Zeitmesssignale bestimmt werden, die über eine weitere gesteuerte Signalweiche 30 und Weiche 28 von der Schaltung 26 abgerufen werden und im Sinne einer Iteration die vorher durch die Rechenschaltung 27 bestimmten Grenzwerte ersetzen.

Da der errechnete Distanzwert gegenüber dem in der Schaltung 27 bestimmten wahrscheinlichen Messresultat einen kleineren mittleren Fehler aufweist, wird es zweckmässig sein, das neue Fehlerfenster (vgl. Fig. 1) etwa unter Verwendung eines kleineren vorgegebenen Relativfehlers gegenüber dem vorher verwendeten Fenster kleiner zu bestimmen und auf dem bereits errechneten Distanzwert zu zentrieren.

Die Anzahl der Iterationsschritte kann über einen Funktionsschalter 31 eingestellt werden. Ist der letzte Schritt erfolgt, so wird der Distanzwert über die gesteuerte Weiche 30 auf eine Multiplikationsstufe 32 übertragen, zur Multiplikation mit einem durch die meteorologischen Bedingungen und die anzuzeigende Längeneinheit für die Messdistanz bestimmten Korrekturfaktor. Der korrigierte Distanzwert wird dann auf die Anzeigeschaltung 8 übertragen und angezeigt. Zur Eingabe der meteorologischen Bedingungen ist ein Korrekturschalter 33 vorgesehen. Ein zweiter Funktionsschalter 34 ist für das Ein- und Ausschalten des Distanzmessgerätes, sowie zur Einstellung von unten beschriebenen Korrektur- und Kontrollfunktionen vorgesehen. Eine Starttaste 35 dient jeweils der Auslösung einer Folge von Lichtimpulsen des Lasers 10.

Die Funktion des soweit beschriebenen erfindungsgemässen elektrooptischen Distanzmessgerätes wird nun anhand des in Fig. 3a bis 3d dargestellten Flussdiagrammes erläutert. Als Bedienungselemente sind vorgesehen:

1. Starttaste 35.
2. Funktionsschalter 34, mit den Einstellpositionen AUS

CHECK
MIT REFLEKTOR
OHNE REFLEKTOR
BATTERIE.

In Position AUS ist die Stromversorgung unterbrochen, in den übrigen Positionen ist sie eingeschaltet.

In Position CHECK wird der Sender 10 über die Bauelemente 11, 12, 13 mit der Pulsfrequenz 1 kHz betrieben. Die dabei vom Referenzempfänger 14 über den Kurzweg 3 empfangene Pulsintensität wird auf ein Analogmeter gegeben und angezeigt.

In Position MIT REFLEKTOR wird in der Schaltung 7

eine für Messung mit Reflektor zutreffende Additionskonstante verarbeitet.

In Position OHNE REFLEKTOR wird eine dementsprechende Additionskonstante verarbeitet.

In Position BATTERIE wird die Spannung einer Betriebsstromquelle am Analogmeter angezeigt, wobei zur Belastung ein Betrieb wie bei Pos. CHECK erfolgt.

3. Funktionsschalter 31, mit den Einstellpositionen

100 000

10 000

1 000

TRACKING.

In Position «100 000» erfolgen 64 Messzyklen (vgl. Erläuterung unten).

In Position «10 000» erfolgen 8 Messzyklen.

In Position «1 000» erfolgt 1 Messzyklus.

In Position TRACKING erfolgt 1 Messzyklus, wie bei Pos. «1000», aber mit Anzeige des Messresultates und Wiederholung und Erneuerung der letzten Anzeige usw., solange Pos. TRACKING eingeschaltet ist. Diese Betriebsart ist in auch bekannter Weise zur Messung veränderlicher Distanzen bestimmt.

4. Schalter 33 für Korrekturfaktoreinstellung in ppm (10^{-6}), sowie Meter/Fuss-Anzeige, wie oben erläutert.

In Fig. 3a bedeutet «Hh» das Einstellen einer der vier möglichen Positionen von Funktionsschalter 31. Anschließend wird am Funktionsschalter 34 die zutreffende Additionskonstante eingestellt. «A» bedeutet Messung ohne Reflektor, «R» mit Reflektor. Damit ist gleichzeitig die Stromversorgung des Messeiles 1 (Fig. 1) eingeschaltet und es sind die Anfangsbedingungen der Schaltung 7 definiert.

Nach Auslösung der hier mit «S» bezeichneten Starttaste 35 erfolgt automatisch «Bootstrapping», d.h. Einstellung definierter Anfangsbedingungen des Messeiles 1, sowie eine Eichung des Zeitintervallzählers 6 bezüglich Nullpunkt und Steigung. Anschließend wird in einem Speicher der Schaltung 7 $i = 8$, $j = 16$ und $M = 0$ gesetzt. Dabei ist der Speicherplatz 1 vorgesehen für die Anzahl von Messungen einer Pulsauflaufzeit ΔT , die einer Distanz von 25 km oder mehr (ΔT_{25}) entsprechen, Speicherplatz j für kleinere Pulsauflaufzeiten. Eine in Speicherplatz 1 fallende Zählung bedeutet also einen «Fehl-schuss.» M bezeichnet den Speicherplatz für die durch j gezählten Messergebnisse der Laufzeit ΔT .

Sind diese Anfangsbedingungen erfüllt, so wird am Laser 10 die Aussendung des ersten Mess-Lichtimpulses bewirkt, was zur Ausgabe des entsprechenden Laufzeitwertes ΔT vom Digitalkonverter 22 über die entsprechend eingestellte Weiche 24 auf die Auswahl-schaltung 25 führt. Führt hier der Vergleich von ΔT und ΔT_{25} zu einem « \geq »-Ergebnis, so wird die «erlaubte» Anzahl i der Überreichweiten-Ergebnisse um 1 reduziert, im anderen Fall wird die Anzahl j der auszuwertenden Ergebnisse um 1 reduziert.

Ist nach dem Ersatz $i = i - 1$ bereits $i = 0$, so gibt die Schaltung 25 ein «RESET»-Signal auf die Anzeigeschaltung 8. Das bedeutet, dass kein Ziel gefunden wurde und die Messung erst nach Betätigung der Starttaste «S» erneut beginnt. Bis zu diesem «RESET»-Signal sind also maximal 8 Fehlschüsse möglich, sofern zwischendurch keine «erlaubten» Messungen erfolgt sind. Erfolgt jedoch eine solche, so wird $j = j - 1$ und $i = 8$ gesetzt und das Messergebnis ΔT in den Speicher M addiert, also $M = M + \Delta T$ gesetzt.

Ist nach einem Ersatz $j = j - 1$ bereits $j = 0$, so sind insgesamt 16 erlaubte Ergebnisse für ΔT in M aufaddiert. Es erfolgt in diesem Fall in M eine binäre Stellenverschiebung nach rechts um 4 Stellen, d.h. eine Division durch $2^4 = 16$, also die Bildung des Mittelwertes

$$\overline{\Delta T} = \frac{\sum \Delta T}{64}$$

Ist aber noch $j \neq 0$, so erfolgt ein neuer Sendepuls, wie aus Fig. 3a, 3b ersichtlich.

Nach Vorliegen des Mittelwertes $\overline{\Delta T}$ für die Pulsauflaufzeit im Speicher M wird durch Division durch 64 ein Relativfehler $\frac{\Delta T}{64}$ von ca. 2% berechnet und in einem Speicher H zwischen gespeichert. Dieser relative Laufzeitfehler wird nun mit einer festen, einem Distanzfehler von 16 cm entsprechenden

Grenze $\Delta T_{16 \text{ cm}}$ verglichen. Ist $\frac{\Delta T}{64} > \Delta T_{16 \text{ cm}}$, so werden in der

Rechnerschaltung 27 Grenzen $\Delta T + \frac{\Delta T}{64}$ und $\Delta T - \frac{\Delta T}{64}$ gebildet und in Speicher $M_0' = M + H$ bzw. $M_0' = M - H$ eingeschrieben, die selbst vom Wert der Pulsauflaufzeit ΔT abhängen. Gleichzeitig werden die Ergebnisspeicher M für ΔT und M' für später zu gewinnende Laufzeitmittelwerte gleich Null gesetzt. Ist $\frac{\Delta T}{64} \leq \Delta T_{16 \text{ cm}}$, so werden die Grenzen

$M_0' = \Delta T + \Delta T_{16 \text{ cm}}$ und $M_0' = \Delta T - \Delta T_{16 \text{ cm}}$ gesetzt und ebenfalls $M = 0$, $M' = 0$.

Nach Vorliegen der Grenzen in M_0 und M_0' wird in einen Speicher v als Anzahl auszuwertender Messungen $v = 1024$ eingesetzt. Schaltung 26 vergleicht nun durch weitere Laserpulse gewonnene Laufzeit-Messergebnisse ΔT mit den Grenzen. Ist $\Delta T \geq M_0$ oder $\Delta T \leq M_0'$, so wird das Ergebnis ΔT verworfen und die nächste Messung verglichen. Ist dagegen $\Delta T < M_0$ und $\Delta T > M_0'$, so wird die Anzahl in v um 1 vermindert und ΔT in Speicher M addiert. Dieser Messvorgang wird wiederholt bis der Anzahlwert in v = 0 ist. In diesem Fall erfolgt in der Rechnerschaltung 29 eine binäre Stellenverschiebung nach rechts um 10 Stellen, d.h. eine Division durch $2^{10} = 1024$, also die Bildung des Mittelwertes über 1024 Messungen

$$\langle \Delta T \rangle_{1024} = \frac{\sum \Delta T}{1024}$$

Anschließend erfolgt eine neue Eichung des Zeitintervallzählers 6 bezüglich Nullpunkt und Steigung in der oben erwähnten Art. Die in einem Speicher U durch Funktionsschalter 31 eingegebene Anzahl der Messzyklen wird um 1 reduziert und der Mittelwert $\langle \Delta T \rangle_{1024}$ in Ergebnisspeicher M' addiert. Wie aus den Fig. 3b, 3d ersichtlich, wiederholt sich die beschriebene Bildung von $\langle \Delta T \rangle_{1024}$ so oft, bis die Messzyklenanzahl U = 0 ist.

Die Bildung des Mittelwertes $\langle \langle \Delta T \rangle_{1024} \rangle_U$ über die Messzyklen erfolgt dann durch binäre Stellenverschiebung nach rechts im Speicher M' um 6 oder 3 oder 2 Stellen entsprechend einer Division durch $2^6 = 64$ oder $2^3 = 8$ oder $2^2 = 4$

$$\langle \langle \Delta T \rangle_{1024} \rangle_U = \frac{\sum \langle \Delta T \rangle_{1024}}{U}$$

Wie oben zu Fig. 2 beschrieben, kann nun dieser Mittelwert von der Rechnerschaltung 29 zur Bildung neuer Grenzen für Speicher M_0 und M_0' verwendet werden, die zur Iteration über die Weichen 30 und 28 auf die Auswahl-schaltung 26 zurückübertragen werden. Mit den neuen Grenzen M_0 , M_0' würde dann über eine neue Folge von Messzyklen ein neuer Mittelwert $\langle \langle \Delta T \rangle_{1024} \rangle_U$ bestimmt.

Anschließend erfolgt in der Multiplikationsstufe 32 die Korrektur mit dem über Korrekturschalter 33 eingegebenen Korrekturfaktor aus einem Bereich von $(1 \pm 99 \text{ ppm})$, sowie die Ausgabe des korrigierten Ergebnisses auf Anzeige 8. Diese Anzeige 8 kann eine Flüssigkristallanzeige bekannter Art sein.

Die Ausgabe des Ergebnisses erfolgt zweckmässig in einem Signalcode, der eine Weiterverarbeitung mit codierten Messsignalen anderer geodätischer Messgeräte erlaubt. Der Signalcode sollte insbesondere kompatibel sein mit üblichen Signalcodes elektronischer Theodolite und Datenspeicher.

Ist am Schalter 31 die Funktion TRACING eingestellt, so erfolgt, wie aus Fig. 3a bis 3c ersichtlich, automatisch eine Wiederholung der soweit beschriebenen Messzyklen. Andernfalls erfolgt keine weitere Messung, das letzte Ergebnis verbleibt in der Anzeige und die Stromversorgung von Sender-Empfängereinheit 1, Zeitintervallzähler 6 und Digitalschaltung 7 wird unterbrochen.

Das Distanzmessgerät gemäss dem in Fig. 2 dargestellten Schema arbeitet in an sich bekannter Art mit einem elektrooptischen Sender 10, einem über die Lichtleitfaser 3 beaufschlagten Referenzfotoempfänger 14 und dem Messfotoempfänger 15. Da im Gegensatz zu Distanzmessern mit Phasenvergleich (vgl. Beschreibungseinleitung) beim vorliegenden Ausführungsbeispiel Sender und Empfänger nur impulsförmig betrieben werden, ist es möglich, mit nur einem Empfänger nacheinander Referenz- und Messimpuls zu empfangen und auszuwerten. Eine hierfür geeignete Schaltung nebst zugehörigem optischem System zeigt schematisch Fig. 4, in der die Fig. 1 und Fig. 2 entsprechenden Bauelemente mit den entsprechenden Bezugszeichen bezeichnet sind. Der Diodenlaser 10 wird über den Pulsverstärker 11 mit Signalimpulsen vom Trigger 12 betrieben. Die entsprechenden optischen Im-

pulse werden an einem Strahlenteiler 40 in Referenz- und Messimpulse geteilt. Die Referenzimpulse gelangen über die Kurzweg-Lichtleitfaser 3 und einen zweiten Strahlenteiler 44 auf die Avalanche-Photodiode 14'. Die Messimpulse sind einer Sendeoptik 41 zugeführt, gelangen über die Messstrecke auf eine Empfangsoptik 42 und über eine optische Verzögerungsleitung 43 (z.B. einen Lichtleiter) und Strahlenteiler 44 ebenfalls auf die Empfänger-Photodiode 14'.

Die Verzögerungsleitung 43 bewirkt über eine Pulsverzögerung von etwa 100 nsec, dass der Messpuls sicher vom Referenzpuls getrennt verarbeitet wird. Diese Verzögerung wird dann bei der Messung des Zeitintervalles zwischen Mess- und Referenzimpuls als Additionskonstante berücksichtigt. Zum Betrieb der Avalanche-Photodiode 14' ist wiederum ein schaltbares Netzteil 16' vorgesehen. Über die Koppelkapazität 18' und Signalaufbereitungsschaltung 20' gelangen die elektrischen Empfangsimpulse zur Trennung auf eine gesteuerte Signalweiche 45 mit zwei Ausgängen 46, 47 für Referenzsignal 4 und Messsignal 5.

Nach Beginn einer Messung gelangt der erste Empfangsimpuls auf den Ausgang 46 und startet als Referenzimpuls 4 den Zeitintervallschalter mit Digitalkonverter 22. Nach Abgabe des zugehörigen Steuerimpulses gibt der Trigger 12 mit etwa 90 nsec Verzögerung ein Umschaltsignal auf die Signalweiche 45. Diese schaltet somit nach Durchlauf des Referenzimpulses 4 und vor Durchlauf des Messimpulses 5. Der Messimpuls 5 gelangt dann über den Ausgang 47 zur Verarbeitung im Digitalkonverter 22. Die Signalweiche 45 schaltet sodann selbsttätig zur Aufnahme des nächsten Referenzimpulses auf Ausgang 46 zurück. Die weitere Signalverarbeitung erfolgt über die Schaltungen 7 und 8 in der zu Fig. 1 und Fig. 2 beschriebenen Art.

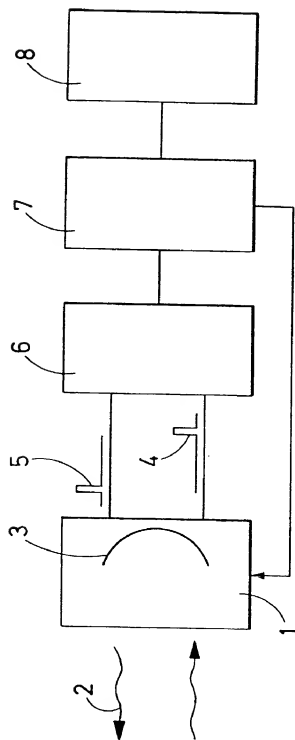


Fig. 1

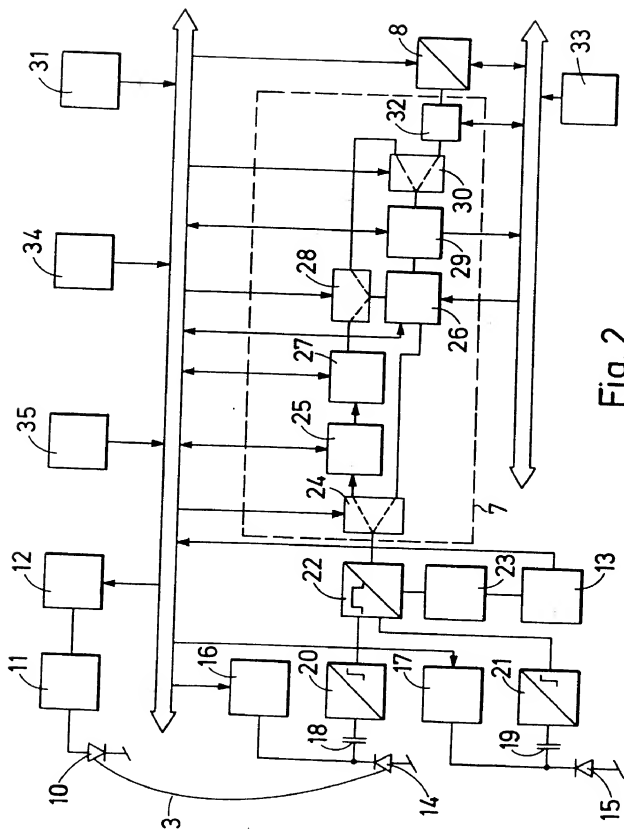
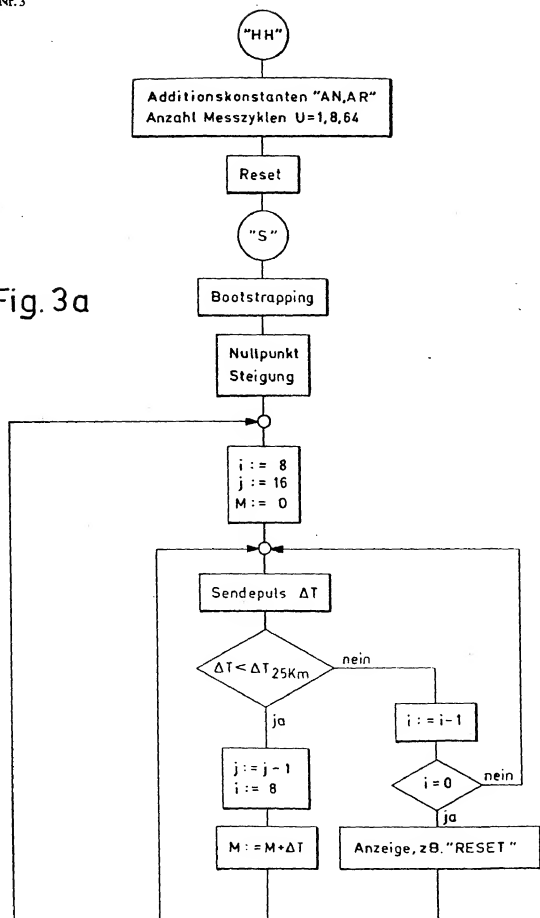


Fig. 2

Fig. 3a



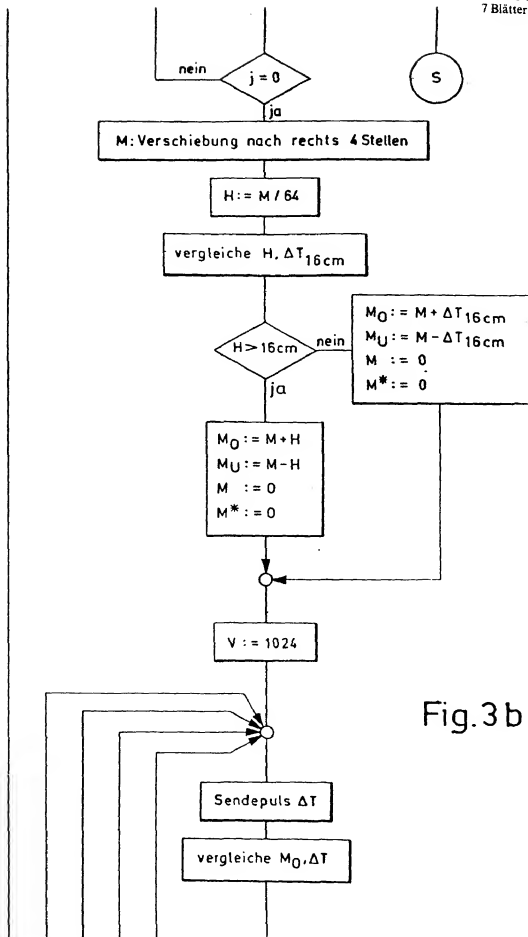


Fig.3b

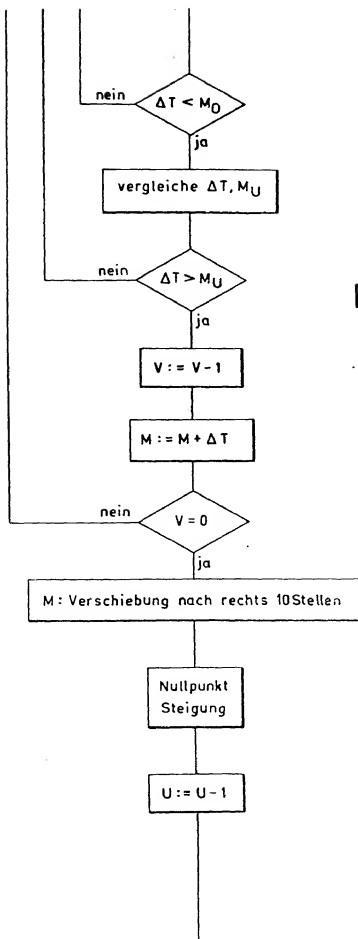


Fig. 3c

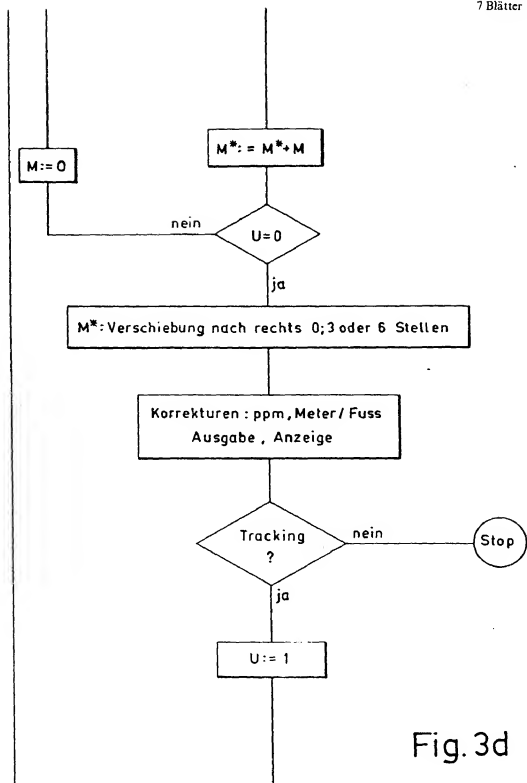


Fig. 3d

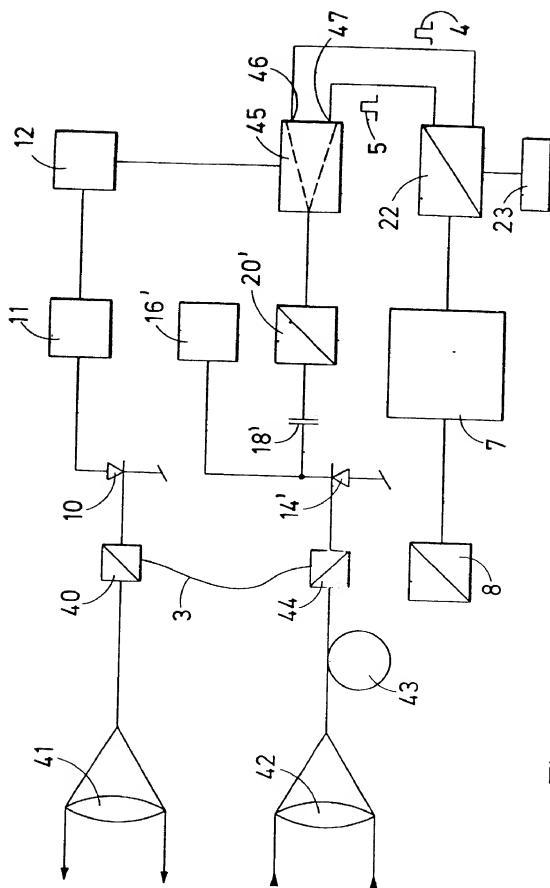


Fig. 4